

SAINT- VENANT

mécanique – physique
(matériaux / sols / structures / fluides)

SAINT-VENANT

Laboratoire d'hydraulique Saint-Venant

Université Paris-Est

Laboratoire commun

- École des Ponts ParisTech
- EDF R&D
- CETMEF

Laboratoire d'hydraulique Saint-Venant

École des Ponts ParisTech

6/8 avenue Blaise Pascal

Cité Descartes - Champs-sur-Marne

77455 Marne-la-Vallée cedex 2

Tél. : 01 64 15 37 02

Fax : 01 64 15 36 91

EDF R&D

6 quai Watier

BP 49

78401 Chatou cedex

Tél. : 01 30 87 70 26

Fax : 01 30 87 80 86

CETMEF (Centre d'Études Techniques Maritimes Et Fluviales)

2 boulevard Gambetta

BP 60039

60321 Compiègne cedex

Tél. : 03 44 92 60 00

Fax : 03 44 20 06 75

<http://www.saint-venant-lab.fr>

Directeur : Michel Benoit

Effectifs (24)

10 chercheurs et ingénieurs-chercheurs

1 professeur des universités

3 ingénieurs de recherche

4 doctorants

2 post-doctorants

4 techniciens

1 assistante administrative

Éditorial

Année de sa naissance, 2008 restera une année toute particulière pour le laboratoire d'hydraulique Saint-Venant. C'est en effet le 15 janvier 2008 qu'a été signée par MM. Philippe Courtier (directeur de l'École des Ponts ParisTech), Pierre-Louis Viollet (directeur Coopération et partenariats d'EDF R&D) et Geoffroy Caude (directeur du CETMEF) la convention de création du laboratoire, portant sur une période initiale de dix ans. Cette convention, qui traduit la volonté des trois organismes fondateurs de s'engager durablement dans le développement d'une unité de recherche commune en mécanique des fluides appliquée à l'environnement et aux aménagements, définit le périmètre scientifique et les ambitions du laboratoire en matière de recherche, ainsi que les moyens apportés par les organismes fondateurs pour son fonctionnement (personnel, locaux, budget de fonctionnement, etc.).

En parallèle à la création du laboratoire, l'École des Ponts ParisTech et EDF R&D ont signé, à la même date et pour la même durée, la création d'une chaire d'enseignement et de recherche en mécanique des fluides appliquée à l'hydraulique et à l'environnement : la chaire Adhémar Barré de Saint-Venant.

Cette première année d'existence a été particulièrement dense, avec la mise en place effective du laboratoire : définition et structuration du projet scientifique du laboratoire et des axes de recherche (notamment dans la perspective de l'évaluation par l'AERES début 2009), formation des équipes par accueil de personnels permanents issus des trois organismes de tutelle, recrutement de doctorants et post-doctorants, développement de partenariats scientifiques et élaboration de projets de recherche multi-partenaires dans le cadre d'appels à projets (ANR notamment), lancement de la création d'un site Internet et définition d'une charte graphique, etc. Plusieurs de ces chantiers se poursuivront en 2009.

Ce rapport d'activité présente les éléments marquants de cette première année d'existence, avec une production et un rayonnement déjà significatifs, comme l'illustrent les bilans qualitatif et quantitatif.

Michel BENOIT

Directeur du Laboratoire d'hydraulique Saint-Venant

BILAN QUALITATIF

Le laboratoire d'hydraulique Saint-Venant conduit des activités de recherche et développement dans le domaine de la mécanique des fluides appliquée à l'hydraulique et à l'environnement. Il couvre les domaines de l'hydraulique à surface libre à caractère :

- fluvial, sur les eaux intérieures (lacs et retenues, rivières et fleuves, voies navigables, etc.) ;
- côtier (estuaires, domaine côtier et littoral, mers continentales et océans) ;
- portuaire (ouvrages intérieurs et ouvrages extérieurs).

Il a pour vocation le développement des connaissances scientifiques sur les processus physiques, ainsi que la mise au point d'outils de modélisation avancés (numériques et expérimentaux) dédiés à :

- la compréhension, la modélisation et la maîtrise des aléas et risques hydrauliques. Ceux-ci peuvent être d'origine fluviale pour les eaux continentales (crues, inondations) ou maritime pour les eaux côtières (tempêtes, submersions des zones littorales, tsunamis, etc.) ;
- la mise au point de protections et de mesures adaptées pour se prémunir contre ces aléas hydro-météorologiques : ouvrages de défense et de protection (digues, brise-lames, levées, etc.), systèmes d'alerte ou stratégies de gestion des inondations ou d'épisodes de tempête, etc. ;
- l'amélioration des méthodes, connaissances et outils de modélisation pour la maîtrise et l'optimisation du comportement et du fonctionnement des ouvrages, structures et systèmes en interaction avec les écoulements (par exemple : ouvrages de contrôle des débits en rivière, digues de protection, systèmes de production d'énergie à partir des courants ou des vagues, etc.) ;
- la réalisation d'aménagements hydrauliques à la fois plus efficaces et mieux insérés dans leur environnement naturel (anticipation et minimisation des impacts associés à des projets d'aménagements ou des politiques de gestion des milieux hydrauliques ou des zones côtières), et ce dans une perspective d'optimisation des investissements et de développement durable, tant en ce qui concerne les eaux intérieures (barrages, seuils, ports, voies navigables, etc.) que les domaines estuarien ou côtier (ports, ouvrages de protection du trait de côte) ;
- l'anticipation des évolutions morphodynamiques des reliefs naturels, sous l'effet des forçages hydrauliques et/ou par suite d'aménagements anthropiques. Il s'agit de comprendre et maîtriser la gestion des flux sédimentaires dans les retenues, cours d'eau, rivières aménagées et zone littorales, et d'améliorer les outils et méthodes pouvant être utilisés en support des études dans une perspective durable et de gestion intégrée.

Le laboratoire s'appuie pour ses recherches sur la complémentarité entre la simulation numérique (notamment sur la base des systèmes de modélisation Mascaret et Télémac) et la modélisation expérimentale (canaux et bassins à courant et à houle du site de Chatou).

Le laboratoire Saint-Venant a son centre de gravité sur le site EDF R&D de Chatou (Île des Impressionnistes sur la Seine).

Faits marquants

À la date de création officielle du laboratoire, le 15 janvier 2008, la plupart des personnels (issus d'une équipe commune de recherche EDF R&D – CETMEF mise en place le 1^{er} janvier 2006) étaient déjà dans les locaux. Parmi les personnels qui ont rejoint le laboratoire en cours d'année, le Pr. Kim-Dan Nguyen de l'université de Caen Basse-Normandie est arrivé en octobre 2008 (dans le cadre d'une procédure de délégation au CETMEF). Olivier Boucher (technicien CETMEF en fin de formation à l'ENTE) a rejoint le laboratoire en septembre 2008, dans la perspective de participer aux études expérimentales sur modèles réduits. Le 31 décembre 2008, Réza Issa, ingénieur-chercheur EDF R&D, a quitté le laboratoire pour prendre un poste de chef de projet au sein d'EDF R&D (département LNHE).

Signalons également que trois thèses ont débuté à l'autonomie 2008 (Lan-Anh Van, Antoine Joly et Étienne Guerber) dans le cadre de l'école doctorale MODES, deux d'entre elles faisant l'objet de subventions CIFRE en partenariat avec EDF R&D. Au total, ce sont ainsi quatre doctorants qui sont déjà présents dans le laboratoire fin 2008. Un post-doctorant a été engagé en 2008 (Eun-Sug Lee), s'ajoutant à un second (Florent Chazel) qui avait démarré fin 2007 en partenariat avec le CERMICS, et qui s'achèvera mi-2009. Par ailleurs, plusieurs autres post-doctorants seront accueillis début 2009 (financements déjà obtenus).

Le 18 juin 2008, le laboratoire a organisé sur le site de Chatou une journée d'inauguration et de présentations. La matinée a été consacrée à une présentation générale du laboratoire, suivie d'exposés illustrant ses différents axes scientifiques. Après un déjeuner pris en commun dans les halls d'essais et une visite des installations expérimentales, l'après-midi a été consacré à des interventions d'acteurs extérieurs au laboratoire permettant d'engager des discussions sur le positionnement et les apports du laboratoire vis-à-vis de différentes « communautés » : recherche universitaire, organismes de recherche publics, services de l'État et ingénieries. L'assistance a été fournie (quatre-vingt-quinze personnes issues de divers horizons) et les débats et discussions ont permis d'éclairer et nourrir le projet scientifique du laboratoire.

Publications

En 2008, les chercheurs du laboratoire ont publié dix articles de revues, répartis comme suit :

- sept articles dans des revues de rang A, dont quatre dans des revues ayant des facteurs d'impact supérieurs à 1,
- trois articles dans la revue *La Houille Blanche*.

Ils ont également donné deux conférences invitées, et participé à seize conférences internationales ou nationales, avec comité de sélection et actes.

Plusieurs chercheurs du laboratoire ont été impliqués dans la production de la seconde édition du guide CIRIA-CUR-CETMEF sur les enrochements, qui fait référence au niveau européen. D'autres contributions à des livres ou chapitres de livre sont en voie d'achèvement ou sous presse, pour parution en 2009.

Les chercheurs du laboratoire ont également organisé ou co-organisé plusieurs événements de portée nationale et internationale, comme le séminaire « Océano-météorologie et hydrodynamique » du CLAROM (quatre-vingt-cinq personnes), un colloque de la SHF (Société Hydrotechnique de France) sur les aléas côtiers ou encore les réunions annuelles des clubs des utilisateurs des systèmes logiciels Mascaret et Télémac.

Enseignements

La plupart des chercheurs du laboratoire (huit sur dix) assurent la responsabilité de modules d'enseignements et/ou dispensent des cours dans plusieurs grandes écoles d'ingénieurs et universités. En premier lieu, l'implication à l'École des Ponts ParisTech est forte, car le laboratoire a la responsabilité des cours de mécanique des fluides incompressibles (2^e année) et de travaux maritimes (2^e année). Il est aussi impliqué dans le projet portuaire (3^e année), assurant ainsi une continuité de l'enseignement de la mécanique des fluides depuis la théorie jusqu'à l'ingénierie.

En complément, des chercheurs du laboratoire dispensent également des enseignements à l'ENSTA, Centrale Paris, l'ESTP et l'EIVP entre autres (voir plus loin).

Enfin, les membres du laboratoire sont régulièrement invités à donner des cours ou conférences en cycle de master dans des universités ou dans le cadre d'actions de formation continue, par exemple pour Ponts Formation Édition (PFE) avec une session en janvier 2009 sur la caractérisation des états de mer naturels pour le dimensionnement des digues côtières en enrochements.

Collaborations internationales

Le positionnement du laboratoire au niveau européen et international prend déjà forme, notamment par le biais du groupe international SPHERIC autour de la méthode particulière SPH (*Smoothed Particle Hydrodynamics*), groupe piloté par Damien Violeau, et par l'organisation d'une conférence annuelle. Également autour de SPH, l'action européenne ESPHI a permis des échanges de personnels avec des organismes européens (deux chercheurs accueillis en 2008, et séjours à l'université de Manchester de chercheurs du laboratoire).

Des collaborations avec des unités de recherche étrangères sont bien établies, notamment autour des systèmes logiciels développés au sein du laboratoire (pour Télémac : HR Wallingford au Royaume-Uni, BAW en Allemagne, CHC-NRC au Canada ; pour Mascaret : Hydro-Québec au Canada). Ces relations sont complétées par des collaborations entre chercheurs à l'occasion de projets de recherche, et la participation au montage de projets de recherche européens (comme le projet SURFMAN proposé et monté par K.-D. Nguyen sur le risque d'inondation pour les villes côtières).

Axes de recherche

Les activités de recherche du laboratoire sont organisées autour de quatre axes à vocation physique (axes 1 à 4), complétés par deux axes transversaux en support (axes 5 à 6) :

1. Aléas et ondes en milieu maritime et côtier
2. Dynamique des écoulements à surface libre et transports associés
3. Interactions écoulements/structures pour les ouvrages et aménagements
4. Dynamique sédimentaire et évolutions morphologiques
5. Modèles et méthodes numériques en hydraulique
6. Expérimental, essais physiques et métrologie

De façon synthétique, les deux premiers axes sont caractérisés par une approche à grande ou moyenne échelle des phénomènes hydrauliques considérés, respectivement pour le milieu maritime et côtier (*i.e.* d'une échelle océanique jusqu'à une échelle côtière ou portuaire) et le milieu fluvial et estuarien (de l'échelle régionale d'un cours d'eau composé de plusieurs affluents et différents biefs jusqu'à celle d'un lac ou d'une retenue de barrage). Le troisième axe aborde des phénomènes plus locaux, lorsque les écoulements sont en interaction avec des structures, corps, ouvrages, etc. qui, d'une part, ont une influence localement forte sur les conditions hydrodynamiques, et qui, d'autre part, peuvent se déformer, se dégrader ou se déplacer sous l'action des chargements hydrodynamiques. Les recherches font donc appel à des disciplines connexes comme la mécanique ou le génie civil. Le quatrième axe s'intéresse aux interactions entre l'hydraulique et la dynamique des sédiments, à différentes échelles de temps et d'espace. L'intérêt va de l'échelle granulaire pour la compréhension des mécanismes d'entraînement, de transport et de dépôt des sédiments, à l'échelle régionale dans le but d'anticiper des évolutions de cours d'eau ou de portions de littoral à l'échelle de plusieurs décennies.

1. Aléas et ondes en milieu maritime et côtier

Michel BENOIT, Thierry BOULET, Florent CHAZEL, Élodie GAGNAIRE-RENOU, Florence LAFON, Marilyne LUCK, Jean-Michel MENON, Damien VIOLEAU

Les recherches menées autour de cet axe sont guidées par les enjeux suivants :

- connaissance et maîtrise de la climatologie des aléas d'origine maritime (marées, surcotes-décotes, tsunamis, vagues, etc.) au large et en zone côtière ;
- estimation des valeurs extrêmes des aléas maritimes et côtiers (considérés séparément, puis de façon conjointe) ;
- estimation des risques associés aux aléas maritimes et côtiers, considérés séparément et de façon conjointe, et des vulnérabilités en zone côtière ;

- études prospectives des effets du changement climatique sur la climatologie des aléas océano-météorologiques ;
- production de cartographies de potentiel énergétique pour les systèmes exploitant les énergies renouvelables d'origine marine (hydroliennes, houlomoteur) ;
- mise au point d'outils de simulation de la dynamique des vagues pour le génie côtier et portuaire, applicables à des échelles déca-kilométriques, et prenant en compte les processus physiques importants à ces échelles (frottement sur le fond, déferlement, effets des courants).

1.1 Modèle spectral d'états de mer de « 4^e génération »

L'objectif est d'améliorer les modélisations et paramétrisations physiques présentes dans les codes de simulation numérique d'états de mer (modèles dits de « 3^e génération » de type WAM, SWAN, ou encore TOMAWAC développé au sein du laboratoire) pour les processus d'interaction avec l'atmosphère (génération par le vent et dissipation par moutonnement), ainsi que le traitement quasi-exact des effets non-linéaires au sein du spectre (interactions entre quadruplets et triplets de fréquences). Ce dernier point est crucial pour lever un verrou scientifique sur la modélisation de l'évolution spatio-temporelle du spectre de variance des vagues et proposer une modèle spectral de nouvelle (quatrième) génération, remplaçant la méthode DIA (*Discrete Interaction Approximation*) employée actuellement dans la quasi-totalité des codes opérationnels, mais qui montre des défaillances importantes quant à la représentation de la structure directionnelle du spectre. Dans le cadre de la thèse d'É. Gagnaire-Renou, dirigée par Ph. Forget (LSEET, université du Sud Toulon Var) et M. Benoit, des résultats significatifs ont été obtenus en grande profondeur d'eau et sur des cas semi-réels (développement des états de mer en fonction du fetch, cas de vent tournant, fetch oblique). Les efforts de recherche actuels portent à la fois sur l'optimisation algorithmique de la méthode de calcul quasi-exacte GQM (*Gaussian Quadrature Method*) mise au point pour le calcul des interactions non-linéaires, et sur son utilisation combinée avec des modélisations améliorées des processus de génération par le vent et de moutonnement. Les résultats des travaux ont été présentés lors de la conférence WISE (*Waves In Shallow-water Environments*) à Helsinki (Finlande) en juin 2008, et ont fait l'objet d'une communication orale avec actes à la conférence ICCE (*International Conference on Coastal Engineering*) à Hambourg (Allemagne) en septembre 2008. Une collaboration est en cours avec S. Badulin (Institut d'océanologie P. P. Shirshov de l'Académie des Sciences de Russie) et il est prévu un séjour de trois semaines d'É. Gagnaire-Renou à Moscou début 2009. À l'issue de la thèse, les résultats des recherches seront capitalisés autant que faire se peut au sein du code TOMAWAC. Une version de ce code devrait être mise en accès libre en 2010. Cela devrait permettre d'élargir significativement la communauté des utilisateurs et des contributeurs au développement du code.

1.2 Climatologie moyenne et extrême des aléas marins et côtiers et de leurs corrélations

Les recherches portent sur (1) la constitution par simulation numérique rétrospective (*hindcast*) d'une base de données couplée marée-surcotes-états de mer sur soixante ans, et (2) la prise en compte des conjonctions d'aléas pour l'analyse statistique

des risques. Elles prolongent une action en cours depuis 2002, réalisée par F. Lafon et M. Benoit, en partenariat avec le CETMEF (J. L'Her, G. Goasguen) et ayant conduit à la production de la base numérique d'états de mer ANEMOC (« Atlas Numérique d'États de Mer Océaniques et Côtiers »), dont une partie des résultats est accessible *via* Internet (<http://anemoc.cetmef.equipement.gouv.fr/anemoc>). En 2008, les données de simulation ont fait l'objet de traitements statistiques (F. Lafon) pour accéder à la climatologie moyenne et extrême des états de mer. Un article a été également publié dans la revue *European Journal of Civil and Environment Engineering* (M. Benoit, F. Lafon, G. Goasguen). M. Benoit a également entrepris de développer une technique de décomposition des spectres d'états de mer réels en systèmes élémentaires (séparation des composantes de houle et de mer de vent dans le domaine fréquentiel). Cette décomposition en systèmes élémentaires s'est révélée déterminante ces dernières années pour améliorer la compréhension de l'action des vagues sur la dynamique sédimentaire côtière, l'estimation des chargements sur les structures, etc. Ce développement sera intégré dans le logiciel PADINES, développé en collaboration avec le CETMEF depuis plusieurs années et qui sera ainsi utilisé à la fois pour le traitement des mesures de bouées houlographes *in situ* (alimentation de la base de données CANDHIS-2 du CETMEF) et pour la production d'une future version de la base ANEMOC. Enfin, l'année 2008 a été mise à profit pour préparer un projet de recherche sur les aléas océano-météorologiques (vagues, niveaux extrêmes) à soumettre dans le cadre de l'appel RISKMAT de l'ANR au printemps 2009. Au sein de ce projet, le laboratoire serait chargé de recherches sur les interactions vagues – courants – surcotes - atmosphère, préalablement à la mise au point d'une méthodologie de simulation couplée des états de mer et de la courantologie moyenne, en vue de produire une base d'états de mer et de surcotes sur une durée cible de soixante ans. Sur le plan statistique, les travaux sur l'estimation des valeurs extrêmes seraient poursuivis. Une première voie de travail concerne les effets d'instationnarité : analyse, mise en évidence et quantification des évolutions de la climatologie des aléas à l'échelle de plusieurs décennies, puis développement de modèles statistiques permettant de prendre en compte ces évolutions. Une seconde voie de travail traite des conjonctions d'aléas, l'objectif étant de développer une approche permettant de caractériser de manière probabiliste les risques en zone côtière. On travaillera d'une part sur la détermination des probabilités jointes des aléas océano-météorologiques, d'autre part sur l'estimation des probabilités associées aux aléas induits (ex. franchissement, rupture de digue, etc.) en analysant la fonction de réponse structurale (*“Response-Based Design”*). Les partenaires de ce projet seraient entre autres le BRGM, l'IFREMER, le CETMEF, l'UTC, le SHOM, GlobOcean.

1.3 Études prospectives liées à des scénarios d'effets du changement climatique sur les aléas côtiers

En 2008, les travaux menés par D. Violeau, T. Boulet et F. Lafon sur l'estimation des effets du changement climatique sur les aléas maritimes et côtiers dans le cadre du projet DISCOBOLE (Données pour le dimensionnement des Structures Côticières et des Ouvrages de BOrd de mer à Longue Échéance) soutenu par le RGCU depuis 2004 ont été achevés. Ce projet réunit, outre EDF R&D qui en assure le pilotage (D. Violeau), le CETMEF, le

Laboratoire de géographie physique (LGP) de Meudon et le laboratoire Geomer de l'université de Brest. Même si de nombreuses sources d'incertitudes demeurent, ce projet a permis de progresser dans l'estimation de l'évolution à moyen et long terme (100 ans typiquement) de certaines conséquences du changement climatique sur les aléas d'origine maritime, notamment pour ce qui est des paramètres dits « secondaires » (surcotes / décotes et états de mer), c'est-à-dire résultant de paramètres « primaires » dont la variation future est mieux connue (niveau moyen de la mer, intensité des vents, précipitations, etc.).

Pour prolonger les travaux, il est envisagé, en 2009 et au-delà, de forcer les modèles d'états de mer et de surcotes-décotes par des champs atmosphériques issus de modèles climatologiques ayant simulé plusieurs scénarios d'émission de CO₂ (un seul modèle climatologique et un seul scénario ont été considérés dans DISCOBOLE). Les méthodes d'estimation statistique de la distribution des événements extrêmes envisagées au § 1.2 pourraient être utilisées ici pour examiner les évolutions éventuelles des conditions et probabilités d'occurrence de tels événements, en vue d'examiner la vulnérabilité des ouvrages côtiers et portuaires. Ces travaux pourraient s'insérer dans le projet ANR-RISKMAT mentionné au § 1.2, ou au sein d'un projet soumis à un appel à projet GICC du MEEDDAT.

1.4 Statistique et lois de distribution des vagues au sein des états de mer

Afin d'améliorer la connaissance et les lois statistiques de distribution des grandeurs importantes d'un état de mer (élévation de surface libre, hauteur crête-à-croix), un outil de simulation basé sur les équations dites de Zakharov pour l'élévation de surface libre et le potentiel de surface pour les vagues irrotationnelles a été développé en 2008 par M. Benoit, avec l'appui d'un stagiaire long de l'École des Ponts ParisTech (A. Gariah) en 2006-2007. L'approche de résolution dite HOS (*High-Order Spectral Method*) permet une résolution efficace. On dispose actuellement d'un modèle opérant en une seule dimension horizontale (1DH), en profondeur finie ou infinie, pour des états de mer irréguliers, et la version 2DH est en cours de développement pour traiter des cas d'états de mer multidirectionnels. Ce modèle permet d'étudier plus finement les mécanismes de formation des vagues extrêmes (vagues « scélébrates » ou « *freak waves* ») et de leurs conditions d'occurrence. On cherche notamment à établir des liens entre les distributions statistiques de l'élévation de surface libre et de la hauteur des vagues d'une part, et des paramètres synthétiques de l'état de mer d'autre part, comme la largeur directionnelle et spectrale du spectre, l'indice de kurtosis, l'index de Benjamin-Feir (BFI), etc. En 2008, M. Benoit en collaboration avec A. Toffoli et E. Bitner-Gregersen (Det Norske Veritas, Norvège) et M. Onorato (université de Turin, Italie) ont étudié les effets de la profondeur d'eau et de la directionnalité de l'état de mer sur l'évolution des paramètres quantifiant la non-linéarité de l'état de mer (*skewness* et *kurtosis*), et sur la distribution de l'élévation de surface libre, avec un examen particulier des hauteurs de crête extrêmes. Ces travaux ont été présentés à la conférence ICCE à Hambourg (Allemagne) en septembre 2008, et soumis pour publication fin 2008 dans la revue *Nonlinear Processes in Geophysics*.

1.5 Propagation des vagues en zone côtière et agitation portuaire

On s'intéresse ici à la propagation des vagues en zone côtière et à leurs interactions avec les ouvrages portuaires (agitation portuaire). Sur le premier volet des avancées significatives ont été accomplies en 2008 dans le cadre du post-doctorat de F. Chazel, suivi par M. Benoit, ainsi que A. Ern et S. Piperno (CERMICS). Ce travail commun a permis la mise au point d'un nouveau modèle mathématique fondé sur une approche « double couche » de la colonne d'eau. Cette technique permet de limiter l'ordre des dérivées en espace à 2 (alors que la plupart des modèles de type Boussinesq font appel à des dérivées 3^e à 5^e). Grâce à l'utilisation d'un opérateur Dirichlet-to-Neumann statique (*i.e.* établi une fois pour toutes en début de calcul), les simulations sont très performantes. Le modèle et ses propriétés ont été étudiés en détail et des cas-tests de validation, réalisés pour des vagues non-linéaires à fond plat, ont montré une grande précision du modèle même pour de fortes cambrures des vagues. Ces travaux ont fait l'objet de présentations par F. Chazel dans une demi-douzaine de séminaires et conférences en 2008. Un article a été soumis à la revue *Proceedings of the Royal Society of London Series A*, et fait l'objet de révisions mineures ; il paraîtra en 2009. Les champs de travail actuel concernent (1) la validation du modèle sur des cas 1DH avec bathymétrie variable et (2) l'extension à des cas 2DH avec bathymétrie irrégulière.

Pour ce qui est de l'agitation portuaire, une étude expérimentale relative aux effets d'un courant ambiant sur l'agitation portuaire a été réalisée par M. Luck et J.-M. Menon dans la « grande cuve d'agitation » au laboratoire. Cette étude, menée en collaboration avec le CETMEF (Ph. Sergent), bénéficiait d'un soutien financier de la DRI (Direction de la Recherche et de l'Innovation) du MEEDDAT. Les objectifs étaient d'une part d'analyser l'influence d'un courant stationnaire sur l'agitation portuaire, en particulier dans la zone de diffraction, et d'autre part de constituer un jeu de données de validation pour des modèles numériques d'agitation côtière et portuaire. On a construit un modèle réduit de port schématique, constitué d'un avant-port et d'un accès vers un arrière-port, et réalisé des essais en houle régulière en faisant varier les caractéristiques des vagues, le niveau d'eau au repos dans la cuve et le débit liquide transitant par la passe d'entrée du port (reproduction de situations de vidange et de remplissage, à deux intensités différentes). Des cartes d'agitation ont été établies à partir d'un réseau de vingt capteurs de houle positionnés dans le port. Pour chacun des essais réalisés avec superposition de la houle et du courant, on a analysé les écarts existant avec les essais d'agitation sans courant. L'analyse des différentes séries d'essais montre que les effets du courant sur la houle sont fortement sensibles à la direction de propagation des vagues et que les conditions de houle incidente n'ont qu'une faible influence. Les résultats de ces travaux ont été présentés lors des Journées Scientifiques et Techniques (JST) du CETMEF en décembre 2008.

2. Dynamique des écoulements à surface libre et transports associés

Nicole GOUTAL, Jean-Michel HERVOUET, Réza ISSA,
Antoine JOLY, Kim-Dan NGUYEN, Jacques SAINTE-MARIE,
Damien VIOLEAU

Les recherches menées autour de cet axe sont guidées par les enjeux suivants :

- connaissance et maîtrise des écoulements en rivière et en cours d'eau, pour différents régimes, allant des étiages aux débits extrêmes. Mise au point d'outils de simulation pour les eaux continentales de surface, à l'échelle d'un fleuve ;
- développement d'outils de simulation de crues et d'inondations associées, en plaine ou en ville, en prenant en compte les effets dynamiques (expansion des crues, puis vidange lors de la décrue) ;
- compréhension et modélisation de la dynamique de circulation des masses d'eau dans les milieux complexes, pour lesquels les différences de densité des masses d'eau en présence jouent un rôle important ;
- connaissance et maîtrise des processus de circulation en zone côtière (influence combinée de la marée et des courants générés par le déferlement des vagues) ;
- prédiction de la dispersion des rejets dans le milieu aquatique, ainsi que du transport ou de la dérive de polluants.

2.1 Dynamique des écoulements en rivière, et des crues et inondations à l'échelle régionale

Les codes de calcul utilisés pour les applications au sein du laboratoire sont les systèmes logiciels Mascaret (responsable N. Goutal) pour les écoulements filaires (équations de Saint-Venant en 1DH) et Télémac-2D (responsable J.-M. Hervouet) pour les écoulements quasi-horizontaux en plan (équations de Saint-Venant en 2DH). Les champs de R&D autour de ces outils concernent les aspects numériques (cf. axe 5) et physiques (amélioration de la physique des termes de frottement sur le fond, d'effet du vent en surface, etc.), ainsi que les stratégies de mise en œuvre et de couplage des outils pour traiter des grands domaines (vallée avec confluences / défluences, bassin versant, etc.).

Les situations complexes telles que les inondations résultant de crues à l'échelle d'un bassin ou d'une plaine soulèvent la nécessité de travailler sur le niveau de couplage ou d'interfaçage entre les approches 1D avec lit composé, 1D avec casiers et 2D pour la modélisation hydraulique. Des travaux de comparaison entre ces différentes approches ont été menés par N. Goutal et A. Besnard (article présenté à la conférence "River Flow" en septembre 2008). Des premiers tests de couplage entre les modules 1D et 2D ont été réalisés dans le cadre d'un partenariat avec Hydro-Québec (Canada) suivi par N. Goutal, mais avec des résultats contrastés. Il est prévu de retravailler sur ce sujet en 2009 dans le cadre d'un post-doctorat.

Une autre question centrale concerne la modélisation des incertitudes associées aux résultats des simulations, fondée sur une approche probabiliste (méthodes de type Monte-Carlo, FORM/SORM, analyse bayésienne, etc.). Un des points essentiels de la prise en compte des incertitudes est la quantification de celles-ci en cas d'évènement extrême pour lequel on ne dispose pas, en général, de données de calage. Des premiers tra-

voux sur la base du code Mascaret ont été menés en 2008 par N. Goutal, en collaboration avec A. Arnaud, É. de Rocquigny et P. Benardara (EDF R&D), G. Passoni (Politecnico de Milan, en Italie). Ces travaux ont été présentés à l'assemblée générale de l'EGU (*European Geophysical Union*) à Vienne en avril 2008 et lors de la conférence "Flood Risk" à Oxford en octobre 2008. Cette voie de recherche sera poursuivie et amplifiée en 2009.

2.2 Circulation tridimensionnelle dans les retenues, lacs et estuaires

On traite le champ spécifique de la dynamique tridimensionnelle des écoulements, et des processus de transport associés, en estuaires, lacs, lagunes ou dans les retenues de barrage. Dans ces milieux, outre les effets de gravité et les apports hydriques aux frontières du domaine, la circulation des masses d'eaux est fortement influencée par le vent. Par ailleurs, les effets liés à des gradients de densité (dus à la température dans les lacs et retenues, à la salinité dans les estuaires et les lagunes) sont prépondérants pour la compréhension et la prévision des situations de stratification des masses d'eau et de mélange éventuel (par exemple dynamique de coin salé en estuaire, stratification thermique dans les lacs, etc.). Ce champ de travail concerne également la prise en compte éventuelle de l'influence de la turbidité des eaux sur la courantologie et la problématique de bouchon vaseux en estuaire (en lien avec l'axe 4).

Dans les écoulements à surface libre, lorsque les effets de viscosité sont significatifs ou bien lorsque l'influence du vent est importante, on ne peut pas, comme pour le système de Saint-Venant, considérer la vitesse horizontale comme constante le long de la colonne d'eau. Pour modéliser ces écoulements stratifiés, l'INRIA a ainsi proposé une première version de modèle de type Saint-Venant multicouches (article de E. Audusse, M.-O. Bristeau et A. Decoene dans la revue *International Journal for Numerical Methods in Fluids*, vol. 56, pp. 331–350 en 2008) où les interfaces entre chaque couche sont advectées par l'écoulement. Ce modèle ne permet pas l'échange de fluide entre les couches. En collaboration avec E. Audusse, M.-O. Bristeau, B. Perthame, J. Sainte-Marie a proposé une seconde formulation (article "An exchanging mass multilayer Saint-Venant system for shallow water flows. Derivation and numerical validation" soumis à la revue *MzAN*). À chaque pas de temps, la hauteur d'eau est répartie en une subdivision donnée *a priori*. On obtient ainsi une seule équation de continuité et une équation des moments par couche. Cette nouvelle formulation permet l'échange de masse entre les diverses couches et peut-être adaptée au cas où la densité du fluide est variable (fonction de la température et/ou de la salinité). On a également proposé une interprétation cinétique des modèles obtenus, permettant l'obtention de schémas numériques performants pour la simulation.

Par ailleurs, D. Violeau, avec l'appui de M. Ferrand (stagiaire long de l'École des Ponts ParisTech), travaille à l'amélioration des connaissances relatives à la turbulence stratifiée. C'est une nécessité si l'on veut modéliser finement le comportement de grands réservoirs d'eau ou de retenues de barrages, comme par exemple l'étang de Berre. Dans un écoulement de fluide en régime turbulent, en présence d'une stratification due à une « substance » étrangère modifiant la densité (température, sédiment, sel), la turbulence est affectée et influe à son tour sur la répartition spatiale

des grandeurs recherchées (concentrations, vitesses). Ces effets sont dus à la flottabilité naturelle de la substance considérée ; bien que connus depuis fort longtemps, ils sont néanmoins encore mal modélisés à l'heure actuelle. On s'intéresse à des modèles sophistiqués, comme les « modèles explicites algébriques aux tensions de Reynolds », qui consistent à rechercher des solutions approchées pour les tensions de Reynolds à partir de raisonnements portant sur les équations différentielles de la turbulence. Nous avons développé une méthode rigoureuse permettant d'obtenir des solutions simples et élégantes. Nous obtenons alors des formules donnant explicitement, sous forme algébrique, les tensions de Reynolds en fonction des paramètres caractérisant l'écoulement et le degré de stratification (article de D. Violeau "*Explicit algebraic Reynolds stresses and scalar fluxes for density-stratified shear flows*" accepté dans la revue *Physics of Fluids* fin 2008). Ces modèles ont été validés sur des données de DNS (*Direct Numerical Simulation*) en canal fermé puis sur des mesures dans le sillage d'un cylindre. Programmés ensuite dans le code Télémac-3D, ils ont été validés sur un cas de couche de mélange thermique en canal à surface libre, pour lequel des mesures sont disponibles. Ces modèles seront appliqués en 2009 au cas de l'étang de Berre, pour lequel des mesures précises de salinité sont disponibles.

2.3 Hydrodynamique en zone côtière

Les efforts de recherche sont portés sur les écoulements en zone côtière régis par des processus physiques moteurs d'origines différentes : forçage dus à la marée astronomique, composante de circulation à grande échelle, effet du vent, contribution due aux vagues en zone de levée et de déferlement (courants de houle, avec une composante littorale et *cross-shore*). Comprendre et modéliser ces différents mécanismes physiques est une étape importante pour développer des outils de simulation de l'hydrodynamique en zone côtière répondant aux besoins de la communauté scientifique et de l'ingénierie (structure verticale des courants, composante du niveau moyen de mer, intensité de la turbulence, etc.). En particulier, les interactions vagues-courants-turbulence constituent un aspect fondamental en zone côtière, important pour l'étude du comportement des structures et ouvrages en milieu marin (efforts sur les ouvrages, données d'entrée pour la *design*), pour l'estimation de potentiel pour l'exploitation des énergies marines, pour la dynamique sédimentaire, et le transport et la diffusion de traceurs, de polluants ou de corps sur le fond, en surface ou dans la colonne d'eau.

2008 a vu peu de développements nouveaux sur ce sujet ; toutefois, le laboratoire a participé à la mise au point d'un modèle couplé appliqué sur un site côtier intéressant EDF (R. Issa, D. Violeau) où l'effet des vagues sur la courantologie moyenne se révèle déterminant. Les résultats de ce travail ont été présentés au symposium international "*Shallow Flows*" (ISSF'2008) en décembre 2008 à Hong-Kong.

2.4 Transport et dispersion de polluants

Ce champ de recherche concerne l'amélioration des connaissances et modèles numériques simulant le transport de traceurs tels que la température, ou la salinité (cf. § 2.2), mais aussi de nappes d'hydrocarbures ou d'algues en zone côtière.

En 2008, un travail de thèse précédé d'un stage de master recherche (A. Joly) a été engagé sur la modélisation stochastique

du transport des algues en zone côtière, sous la direction de M. Denoit et D. Violeau. Les mécanismes responsables de ce transport sont nombreux, imparfaitement connus et complexes (convection, diffusion turbulente, effets de gravité, action de la houle et des clapots, etc.). Compte tenu de ces difficultés et des échelles de temps et d'espaces concernées (de l'ordre de 12 à 24 h, et de quelques kilomètres respectivement), une approche fondée sur une équation différentielle stochastique de type « équation de Langevin » semble être à même de répondre à ce problème. On représente une population d'algues comme autant de points matériels dont le mouvement obéit à une équation mettant en jeu un terme de convection déterministe et un terme aléatoire modélisant de manière stochastique les effets de diffusion. De tels modèles sont fréquemment utilisés dans de nombreuses disciplines scientifiques, notamment en physique des fluides pour simuler les phénomènes de mélange et de dispersion, en particulier en milieu turbulent. L'originalité du travail mené au laboratoire réside dans son application au problème spécifique des algues, en visant le développement d'un nouveau modèle destiné à être implémenté dans le logiciel Télémac-2D. Un modèle plus complexe, où la vitesse du fluide est le processus stochastique, est également en cours de développement. Une des spécificités de ce travail repose sur la possibilité de traiter les algues comme des corps possédant des propriétés particulières, qu'il convient de déterminer et de quantifier à l'aide d'un travail bibliographique, théorique et expérimental. Cette partie du travail mettra à profit en 2009 les installations expérimentales de l'IMFT (Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse) en collaboration avec D. Astruc et F. Moulin. Les effets du vent en surface et des vagues dans la zone de déferlement seront également analysés.

Un deuxième axe structurant l'activité du laboratoire est le projet MIGRHYCAR du programme ANR-PRECODD, accepté en 2008, et portant sur la gestion opérationnelle des risques liés aux migrations de nappes d'hydrocarbures dans les eaux continentales. Le laboratoire (J.-M. Hervouet, M. Benoit, T. Boulet) travaillera à partir de 2009 à l'amélioration des modèles numériques de prédiction de la dérive et des évolutions dans le temps de nappes d'hydrocarbures dans les eaux continentales et côtières, avec prise en compte des effets liés au confinement et aux processus d'échouage/reprise des nappes en conditions de marée ou de débit variant significativement.

3. Interactions écoulements-structures pour les ouvrages et aménagements

Michel BENOIT, Olivier BOUCHER, Clément BUVAT,
Jean-Romain DELISLE, Étienne GUERBER, Eun-Sug LEE,
Réza ISSA, Marilyne LUCK, Jean-Michel MENON,
Damien VIOLEAU

Les recherches menées autour de cet axe sont guidées par les objectifs suivants :

- améliorer la connaissance des processus d'interaction entre les écoulements et les ouvrages de protection côtière pour ce qui concerne l'estimation de leur comportement hydraulique (réflexion, *run-up*, franchissements) et leur stabilité ;
- améliorer la connaissance des processus d'interaction entre les écoulements et les ouvrages de contrôle/régulation des débits et les aménagements en rivière ;

- développer des outils de simulation pour l'estimation des chargements et le comportement dynamique des structures, ouvrages ou corps, en particulier pour ce qui est des systèmes exploitant les énergies renouvelables marines ;
- améliorer la compréhension du fonctionnement des barrages anti-hydrocarbures et mise au point d'outils permettant de mieux maîtriser leur prédimensionnement et leur pose.

3.1 Estimation des chargements hydrodynamiques

Les recherches concernent ici la connaissance et la prédiction des chargements hydrodynamiques (champs de pressions, forces, moments) s'exerçant sur des ouvrages ou structures fixes (quais, vannes, monopile, émissaire en mer ou en rivière, etc.). Il s'agit d'améliorer les connaissances et les outils de modélisation (physiques et numériques) permettant d'étudier et de prédire les chargements sur des ouvrages exposés à l'action des courants et/ou des vagues. Une attention particulière est portée aux ouvrages situés en zone de déferlement ou exposés à des ondes de type « rupture » de barrage. Dans ces situations en effet, les efforts de type « impact » (éventuellement multiples) sont importants, voire dominants. Or, il s'avère que leur modélisation numérique est délicate, du fait du caractère dynamique associé à l'impact ainsi que des effets associés au caractère diphasique de l'écoulement (eau + air), pour lequel les effets de compressibilité peuvent devenir significatifs. Les recherches s'appuient sur des méthodes de modélisation numérique avancées, comme la méthode particulière SPH utilisée au sein du laboratoire qui permet de représenter de façon fine toute la phase de déferlement d'une vague et son interaction avec une structure, et sur des campagnes d'essais sur modèles réduits.

Cet aspect particulier n'a pas enregistré d'avancées significatives en 2008 ; il peut être envisagé de reprendre le cas des vagues déferlantes sur un pieu, avec une métrologie plus sophistiquée permettant de mieux mesurer les effets d'impacts (dynamique), ainsi que la répartition du champ de pression sur la structure. De telles expériences permettraient en outre une validation poussée de la méthode SPH sur ce cas.

3.2 Dynamique des corps mobiles sous l'action des vagues et du courant

Les recherches portent sur le développement de modèles numériques couplés hydrodynamique-mécanique aptes à représenter le comportement et les mouvements de corps ou systèmes (immergés ou flottants, éventuellement ancrés), exposés à l'action du courant et/ou des vagues (irrégulières et multidirectionnelles dans le cas général).

Deux types d'applications sont traités au sein du laboratoire : les barrages flottants anti-hydrocarbures et les systèmes houlomoteurs.

Les barrages flottants anti-hydrocarbures

Il s'agit d'une étude du comportement dynamique des barrages flottants anti-hydrocarbures, concernant leur efficacité en conditions réalistes de vague et courant pour différents types d'hydrocarbures (amélioration des formes et des dispositifs d'ancrage).

Ces travaux sont réalisés par C. Buvat dans le cadre du projet BAR3D (logiciel de calcul 3D de Barrages flottants, <http://bar3d.eigsi.fr/>) du programme ANR-PRECODD. Les partenaires du projet sont l'EIGSI, le CEDRE, TOTAL, le CETMEF et le laboratoire d'hydraulique Saint-Venant. La participation du laboratoire se décompose en trois parties. La première a consisté en la mise à disposition du programme FORBAR (logiciel développé en collaboration par EDF R&D et le CETMEF) qui est utilisé pour les calculs de structure 3D. La deuxième partie concerne la continuation des simulations numériques en hydrodynamique avec le logiciel Spartacus-2D (basé sur la méthode SPH) pour améliorer la compréhension des mécanismes de fuite avec la prise en compte de phénomènes plus complets tels que la simulation de houle et de courant combinés ou l'oscillation de la jupe du barrage sous l'effet des efforts hydrodynamiques alternatifs dus aux vagues. Pour cela, une procédure a été codée dans Spartacus-2D pour permettre de simuler tous les mouvements dans le plan (deux translations, une rotation) d'un solide soumis aux efforts hydrodynamiques. Elle s'applique parfaitement au cas du barrage flottant. Les efforts de cohésion dus au reste du barrage sur le tronçon simulé en 2D dans Spartacus-2D ont été établis avec l'EIGSI. En parallèle, des développements sont en cours dans Spartacus-2D pour intégrer à terme un comportement élastique du barrage. Cela permettra d'avoir non seulement le mouvement global (translations et rotation) du barrage mais aussi sa déformation sous l'effet de la houle et du courant. La troisième partie n'était pas prévue au démarrage du projet : un pré-exercice de pose de barrage a été réalisé dans le port de La Rochelle. Ce pré-exercice a été mené pour préparer l'exercice réel qui va consister en une comparaison des efforts ainsi que des déformations avec les calculs 3D qui seront effectués en parallèle. Un barrage a donc été instrumenté et posé. Des mesures de courant et de positionnement ont été effectuées par l'équipe de mesure en nature du LNHE. Ce pré-exercice a été riche en enseignements pour la préparation de l'exercice réel mais a demandé un investissement en temps de la part des différents partenaires. Une prolongation du projet a donc été demandée à l'ANR pour 2009.

Les systèmes houlomoteurs

On s'intéresse à la modélisation du fonctionnement de systèmes de récupération de l'énergie des vagues en vue d'en améliorer les performances, d'étudier leur impact sur l'hydrodynamique locale, et de représenter leurs effets dans les modèles d'états de mer régionaux à l'échelle d'un parc de machines.

Ce travail est réalisé dans le cadre d'une thèse CIFRE (E. Guerber) en partenariat avec EDF, débutée en décembre 2008. Plusieurs approches seront mises en œuvre pour modéliser le comportement hydro-mécanique d'un système houlomoteur immergé exposé à des états de mer réels. Au niveau numérique, on développera d'une part une approche potentielle sur la base des outils existants au sein du laboratoire (méthode d'éléments frontières désingularisée, éventuellement couplée avec une méthode spectrale d'ordre élevée HOS), et d'autre part des outils de simulation numérique en fluide réel, fondés sur des modèles résolvant les équations de Navier-Stokes en moyenne de Reynolds (RANS), dans un formalisme eulérien (par exemple avec l'utilisation de Code_Saturne développé à EDF R&D) ou lagrangien (avec l'approche SPH utilisée au sein du laboratoire et déjà mise en œuvre pour représenter le comportement des barrages flottants anti-hydrocarbure en 2DV). Le problème sera abordé dans un premier

temps en deux dimensions d'espace (2DV = une seule dimension en plan et la dimension verticale), puis en 3D.

3.3 Écoulements et efficacité des ouvrages hydrauliques de contrôle de débit sur cours d'eau

On s'intéresse aux ouvrages sur cours d'eau (fixes ou mobiles) de type évacuateurs de crues de barrages, seuils, vannes, etc. pour lesquels il s'agit d'améliorer les connaissances sur les caractéristiques hydrauliques et les lois de débitance pour différentes conditions de fonctionnement. Ce champ de recherche fait intervenir naturellement (et historiquement) des essais sur modèle à échelle réduite, mais un enjeu des années à venir concerne l'application de méthodes numériques pour la reproduction de ces écoulements, d'abord dans des conditions schématiques, puis dans des configurations réelles.

Parmi ces méthodes, EDF R&D et le laboratoire ont privilégié depuis 1999 la méthode lagrangienne SPH, qui possède l'avantage de la simplicité de mise en œuvre et d'une grande variété d'applications, particulièrement adaptée aux surfaces libres et aux interactions fluide / structures. C'est ainsi que le laboratoire (D. Violeau, R. Issa, E.-S. Lee) poursuit le développement d'un logiciel nommé SPARTACUS, dont le principe est d'effectuer un suivi de particules, sans l'intervention d'aucun maillage. Les applications, nombreuses, font aujourd'hui de ce logiciel un véritable outil de R&D appliquée à l'industrie et l'environnement. Grâce aux progrès du parallélisme et du calcul haute performance, mais aussi grâce aux nouveaux outils de visualisation graphique, ce logiciel est aujourd'hui adapté aux calculs industriels. Il a ainsi été employé en 2008 à la modélisation de l'écoulement au sein de l'évacuateur de crue du barrage de Goulours, à titre d'illustration des possibilités du logiciel. Nous montrons ainsi que la méthode SPH est désormais à même de donner lieu à de véritables études de dimensionnement d'ouvrages d'eau complexes. Le comportement du modèle est globalement satisfaisant, du point de vue tant numérique que physique. Les résultats ont été présentés à la conférence ICCES-MM (*International Conference on Computational and Experimental Engineering and Sciences, Meshless Methods*) en octobre 2008 à Suzhou (Chine), et soumis pour publication dans la revue *Journal of Hydraulic Research*.

Ces résultats préliminaires seront suivis de validations quantitatives précises vis-à-vis des résultats fournis par un modèle physique construit au LNHE (EDF R&D). Nous prévoyons en particulier de vérifier la capacité du modèle numérique de prédire le débit passant dans l'évacuateur en fonction du niveau d'eau amont (loi de débitance), la ligne d'eau le long du coursier, certains profils de vitesse, enfin la répartition de la pression le long du coursier (pour estimer le risque de cavitation). Ce dernier point nécessitera certainement le recours à une méthode d'estimation de la pression plus rigoureuse que l'approche actuelle. On mettra à profit pour cela le travail de thèse de E.-S. Lee (voir l'article de Lee *et al.* publié en 2008 dans la revue *Journal of Computational Physics*), qui a montré sa pertinence pour l'estimation de profils de pression sur des corps solides, et qui permettra en outre d'augmenter le pas de temps et donc de réduire substantiellement les temps de calcul.

3.4 Réponse hydraulique et stabilité des structures de protection côtières

Les recherches ont pour objet l'étude et l'amélioration de l'efficacité des ouvrages de défense pour le génie côtier et portuaire (digues à talus, caissons, brise-lames submergés, etc.). Il s'agit d'améliorer d'une part les connaissances sur la réponse hydraulique de ces structures en interactions avec les vagues (réflexion, *run-up*, franchissements, dissipation d'énergie) et la réponse structurelle des ouvrages (stabilité). Il s'agit en particulier de mieux comprendre les modes de destruction des digues en enrochements (sensibilité des différentes parties constituant la digue).

Un programme expérimental d'essais en canal à vagues a été engagé en 2008, suivi par M. Luck et M. Benoit, C. Trmal (CETMEF) et avec la contribution d'un stagiaire ENTPE au CETMEF (G. Prévot), afin d'examiner plus particulièrement la stabilité des digues à talus en enrochements en faible profondeur d'eau (forte influence du déferlement). Les premiers résultats ont permis d'apprécier les limites des méthodologies et formules de dimensionnement actuellement utilisées en ingénierie. Ce travail a été repris par O. Boucher à l'automne 2008 et se poursuivra en 2009, avec notamment la mise en place et la qualification d'un dispositif métrologique plus élaboré pour mesurer les dommages sur l'ouvrage (D. Pham Van Bang).

On s'intéresse également aux submersions marines en arrière du littoral, phénomène d'inondation temporaire de la zone côtière par les eaux d'origine marine en conditions de tempête. En 2008, en collaboration avec l'EID Méditerranée (Entente Interdépartementale pour la Démoustication du littoral méditerranéen), une étude a été menée par V. Laborie sur la modélisation de la submersion de dunes en Languedoc-Roussillon. Elle a permis de déterminer les limites d'une modélisation classique *via* les contraintes de radiation de la contribution de la houle dans un modèle bidimensionnel de Saint-Venant, dès lors que les fonds sont peu profonds (ce travail a donné lieu à un article dans la revue *La Houille Blanche* en 2008). Parallèlement à ce travail, une étude bibliographique relative aux processus physiques impliqués dans les submersions marines des cordons dunaires a été entreprise. En 2009, on tentera de regrouper les connaissances actuelles à la fois sur les objets concernés sur le littoral français, les pratiques d'ingénierie pour l'étude des phénomènes, leurs limites, ainsi qu'un état de l'art de la recherche dans le domaine. Ce travail s'inscrira, dans un projet ANR RISKINAT en préparation pour 2009 (*cf.* § 1.2) relatif à une meilleure connaissance des risques naturels. Dans le prolongement de ces deux démarches, une intercomparaison de modèles pour la prise en compte des vagues sera réalisée sur des cas-tests académiques, afin d'évaluer les limites de chacun et d'envisager une formulation qui permette de prendre en compte la houle sur des ouvrages submergés avec et sans déferlement.

4. Dynamique sédimentaire et évolutions morphologiques

Olivier BOUCHER, Damien PHAM VAN BANG, Kim-Dan NGUYEN, Lan-Anh VAN, Catherine VILLARET

Les recherches menées autour de cet axe ont pour principal objectif l'amélioration des connaissances et l'élaboration d'outils de calcul et/ou de méthodes destinés aux ingénieurs pour :

- la gestion des sédiments et l'exploitation des aménagements tels que les ports, les retenues de barrage, les ouvrages de prise et de rejet d'eau. Une prédiction fiable de la dynamique d'invasement ou d'ensablement est donc recherchée afin d'optimiser les plans de gestion et les opérations telles que le dragage ou le clapage (rejet des produits de dragage) ;
- la conception ou la restauration d'aménagements hydrauliques (seuils, barrages, écluses, épis, digues, piles de ponts, protection des berges, fondations d'éoliennes en mer ou d'hydroliennes) pouvant avoir un impact sur la morphologie locale ou régionale d'une part, et sur l'équilibre de la dynamique sédimentaire d'autre part ;
- l'anticipation des évolutions morphologiques à moyen/long terme des cours d'eau et du littoral soumis aux forçages naturels (étiage, crue, tempête, marée) ou anthropiques (batillage, extraction de granulats). Cette anticipation s'appuie sur la prise en compte des effets liés à des scénarios de changement climatique, ou sur la prise en compte des différentes échelles d'espace et de temps dans l'évolution des cours d'eau (méandrement, divagation des chenaux) et du trait de côte.

4.1 Morphodynamique des milieux sablo-vaseux

Dans le domaine de la morphodynamique des milieux sablo-vaseux, les précédentes activités (numérique et expérimentale) ont été non seulement poursuivies, mais aussi renforcées en 2008 avec l'arrivée d'un technicien CETMEF (O. Boucher), d'un professeur des universités en délégation au CETMEF (K.-D. Nguyen) et d'une doctorante (L.-A. Van). Le modèle 1DV FE-FCT développé par D. Pham Van Bang a été validé par des essais de sédimentation. De nombreux résultats expérimentaux ont été obtenus sur la sédimentation et la consolidation de la vase du port du Havre par IRM, ainsi que des données rhéométriques sur trois vases : Amfreville (27), Paimboeuf (44), Le Havre (76). Une loi de sédimentation pour la vase a été formulée. Une présentation invitée a été donnée sur la sédimentation lors de la conférence internationale sur le gestion des sédiments à Lille en 2008.

La thèse de L.-A. Van, commencée en octobre 2008 et encadrée par C. Villaret et D. Pham Van Bang, porte sur une extension des modèles de tassement, initialement formulés pour les sédiments vaseux (cf. rapport LCPC-CETMEF sur la rhéologie et la sédimentation, 2008), aux cas des sédiments mixtes sablo-vaseux. Dans un premier temps, une étude bibliographique a été réalisée sur les théories existantes pour la sédimentation et la consolidation des sédiments, et plus particulièrement sur la théorie de Gibson (1967), qui requiert des relations constitutives pour la perméabilité et la contrainte effective. Dans un second temps et après une phase de prise en main, le modèle de tassement pour la vase pure (modèle de J. Thiébot) est utilisé et confronté aux données IRM obtenues par D. Pham Van Bang.

En complément, une campagne de prélèvement de sédiments sablo-vaseux dans l'estuaire de la Gironde est planifiée pour février 2009. Les analyses en laboratoire qui suivront porteront sur la distribution granulométrique et la fraction relative sable/vase. Les données obtenues sur la couverture sédimentaire de la zone étudiée (au voisinage de la centrale EDF du Blayais) alimenteront la recherche tant sur le tassement des sédiments sablo-vaseux que sur la modélisation morphodynamique à long terme.

4.2 Méthodologie d'estimation des évolutions à long terme

Les outils de simulation des processus travaillant à échelle spatio-temporelle fine permettent de simuler les évolutions à l'échelle du mois, voire de l'année ou même de la décennie en tirant partie des moyens de calculs les plus sophistiqués. Pour autant, il n'est pas évident qu'une approche purement fondée sur cette échelle de processus puisse conduire à une prédiction correcte des évolutions morphologiques à l'échelle régionale si on réalise des simulations sur une durée de l'ordre du siècle. Dans la perspective de l'examen des effets du changement climatique sur la dynamique des reliefs côtiers, il s'agit donc de proposer et valider des méthodes de prédiction des évolutions à l'échelle régionale sur des durées de plusieurs décennies. En 2008, les réflexions et développements (C. Villaret, J.-M. Hervouet) ont essentiellement porté sur le couplage hydro-sédimentaire et la comparaison avec les (rares) mesures de terrain. L'arrivée d'un post-doctorant (prévue en 2009) doit notamment renforcer cette activité.

Parallèlement à ces développements, une action de recherche sera amorcée en 2009 pour prédire le méandrement des cours d'eau et la divagation des chenaux. Une collaboration avec des géomorphologues de l'Institut de Physique du Globe de Paris (IPGP) a été engagée, qui se traduira par un travail en commun à partir de 2009 dans le cadre d'un post-doctorat financé par la DRI.

Dans les deux cas (zone côtière et méandrement de rivières), l'amélioration des connaissances et outils doit permettre de mieux anticiper les conséquences associées à des scénarios de changement climatique et/ou des modifications de mode de gestion des cours d'eau ou des politiques d'aménagement et d'entretien du littoral, à l'échelle d'un ou plusieurs siècles.

4.3 Développement d'un modèle biphasique eau-sédiment

Dans la continuité des travaux menés ces dernières années, le développement d'un modèle biphasique (eau-sédiment) a été poursuivi (K.-D. Nguyen), en collaboration avec l'université de Caen Basse Normandie (S. Guillou). L'intérêt majeur d'un tel modèle est de considérer l'ensemble des processus du transport sédimentaire (suspension, sédimentation, consolidation, charriage) de manière continue (le domaine est considéré dans son ensemble, *i.e.* sans découpage en sous-domaines, et les échanges entre la crème vase et la suspension sont traités par le modèle). Son intérêt a été démontré dans le cas de la simulation d'opérations de clapage de sédiments en mer, lorsque les interactions turbulence-sédiments doivent être prises en compte finement. Les nouveaux développements portent principalement sur le rôle des processus de floculation/défloculation. Il est également prévu en 2009 de réaliser une application du modèle biphasique sur l'estuaire de la Gironde, en collaboration avec l'université de Bordeaux 1 (A. Sottolichio), dans le cadre d'un contrat de recherche financé par la DRI.

4.4 Stabilité des berges et des ouvrages en terre

Quant à l'érosion des berges (érosion interne, éboulement, etc.) en rivière et sur cours d'eau aménagé, le laboratoire a étudié en 2008 l'effet du batillage (ondulations de la surface libre générées par la navigation) sur ces phénomènes.

L'activité de recherche sur la stabilité des berges et des ouvrages en terre s'est concrétisée en 2008 par la participation du laboratoire à deux jurys de thèse sur le sujet (thèse de J. Thiébot soutenue à l'ENGREF ; thèse de T. L. Pham soutenue à l'École des Ponts ParisTech), aux projets ANR et Projet national ERINOH (Érosion INterne des Ouvrages Hydrauliques) sous la coordination du CEMAGREF d'Aix-en-Provence d'une part, et dans le cadre du GDR MeGe d'autre part. Enfin, le rapport sur l'impact du passage des bateaux sur le transport des sédiments et l'érosion des berges (contrat VNF-UTC-CETMEF) a été rédigé. Des données sur la resuspension des sédiments aux passages des bateaux et sur le batillage ont été collectées et analysées. Ces travaux sur le batillage et l'entretien des voies navigables ont été valorisés auprès des praticiens lors des Journées Scientifiques et Techniques du CETMEF en décembre 2008. Ces travaux seront poursuivis en 2009 grâce au financement par la mairie de Paris d'un projet porté par l'Institut de physique du globe de Paris.

5. Modèles et méthodes numériques en hydraulique

Les recherches menées autour de cet axe transverse ont pour objectif de contribuer aux travaux des axes physiques (1) à (4) sur les aspects « modélisation mathématique et simulation numérique » et les étayer. Suivant les axes, les équations modèles considérées sont très diverses et incluent, de façon non exhaustive, les équations de Saint-Venant et de Navier-Stokes pour les écoulements à surface libre (axe 2), l'équation d'évolution de la densité spectro-angulaire d'action pour les états des mers dans le domaine spectral, des équations de type Berkhoff, Boussinesq, Serre (plus ou moins étendues) ou des approches fondées sur l'équation de Laplace ou les équations de Zakharov pour la dynamique des vagues (axe 1), des équations de transport pour des traceurs et polluants (axe 2), ainsi que pour les sédiments (axe 4). Certaines problématiques nécessitent d'avoir recours à une approche multiphasique air-eau, comme par exemple le déferlement des vagues et les forces d'impact sur les ouvrages (cf. § 3.1) ou les écoulements locaux sur des seuils (cf. § 3.3), ou eau-sédiment (cf. § 4.3).

Les techniques de discrétisation et approches de résolution employées au sein du Laboratoire sont diverses suivant la problématique considérée :

- méthodes d'éléments finis, utilisées notamment dans les modules de courantologie 2D et 3D du système hydro-informatique TELEMAC (J.-M. Hervouet) ;
- méthodes de volumes finis, utilisées notamment dans le système 1D MASCARET (N. Goutal, J. Sainte-Marie) ;
- méthodes d'éléments frontières (directes ou désingularisées) pour l'équation de Laplace avec conditions non-linéaires de surface libre (M. Benoit, E. Guerber) ;
- méthodes spectrales (HOS), pour les équations de Zakharov modélisant les états de mer non-linéaires (M. Benoit) ;

- méthodes particulières, avec notamment la méthode lagrangienne SPH, utilisée dans les codes SPARTACUS-2D et 3D (D. Violeau, R. Issa, E.-S. Lee).

De plus, les applications « grandes échelles » nécessitent la mise au point d'algorithmes de couplage des processus physiques multi-échelle et multi-domaine. Sur ces questions, le laboratoire s'intéresse principalement aux aspects algorithmiques, et moins aux aspects « génie logiciel », pris en charge par des partenaires compétents.

Les champs de travail concernent l'analyse mathématique de modèles, la mise au point et l'analyse de méthodes numériques, le développement d'outils de simulation numérique (avec le souhait de les diffuser à l'extérieur et de les mettre à la disposition de la communauté scientifique et technique, comme c'est déjà le cas des systèmes logiciels Mascaret et Télémac), et l'assimilation de données et l'identification de paramètres.

Nombre des avancées de cet axe ont déjà été présentées dans les axes (1) à (4) ci-avant. Parmi les travaux réalisés, on peut notamment citer :

- le développement de modèles intermédiaires entre le modèle de Navier-Stokes et le modèle de Saint-Venant (modèles de type Saint-Venant étendus, combinés le cas échéant à une approche multicouches sur le verticale) (J. Sainte-Marie). Ces travaux sont pour partie réalisés dans le cadre du projet ANR blanc METHODE (Modélisation de l'Écoulement sur une Topographie avec des Hétérogénéités Orientées et des Différences d'Échelles) visant à étudier les effets des hétérogénéités de surface sur les écoulements, en particulier l'impact des sillons agricoles sur le ruissellement des eaux de pluie. Il est piloté par l'université d'Orléans (Stéphane Cordier). Il s'agit d'un projet pluridisciplinaire entre les sciences du sol et les mathématiques. Par ailleurs, une interprétation cinétique des modèles obtenus permet de proposer des schémas numériques d'intégration en temps efficaces et précis ;
- la mise au point de plusieurs fonctionnalités nouvelles au sein des codes du système Télémac (J.-M. Hervouet). Le développement d'un schéma de convection distributif en dimension 3 a été engagé ; il est caractérisé par un nouveau critère de monotonie moins restrictif (gains de temps pour des applications) et fonctionne en présence de bancs découvrants / recouvrants. Par ailleurs, un convecteur « volumes finis » en dimension 2 a été développé et validé, puis intégré dans Télémac-2D pour les vitesses et dans Sisyphe pour les sédiments en suspension. Une option conservative a été proposée même quand le champ de vitesses n'est pas conservatif (cas de Sisyphe avec correction du champ convecteur pour tenir compte de la présence du sédiment en suspension près du fond) et le schéma fonctionne avec bancs découvrants pour l'option avec masquage des éléments secs ;
- l'interface avec le code Delwaq (code de qualité d'eau développé par Deltares aux Pays-Bas) a été améliorée (J.-M. Hervouet) :
 - deux nouveaux fichiers pour Delwaq : vitesse et diffusion ;
 - adaptation dans le cas d'une transformée sigma généralisée ;
 - traduction en termes de flux du traitement des hauteurs négatives (maintient la compatibilité des équations de continuité entre éléments finis et volumes finis, même avec des bancs découvrants).

Enfin, un certain nombre de développements concernant le parallélisme des outils de simulation ont été réalisés.

6. Expérimental, essais physiques et métrologie

De façon symétrique à l'axe transversal précédent, cet axe support couvre les recherches portant sur l'étude expérimentale des processus physiques et les techniques métrologiques associées. Les actions dans ce domaine sont principalement des études en laboratoire ; la participation à des campagnes de mesure *in situ* pourra être envisagée ponctuellement, mais le laboratoire n'est pas équipé en matériel de mesures utilisable pour des campagnes de mesure en mer ou en rivière.

Les installations hydrauliques relevant du laboratoire sur le site de Chatou se composent de cuves à houle ou courant (pour répondre à des problématiques côtières, portuaires ou estuariennes), de canaux à courant et/ou houle (pour les problématiques fluviales).

Le développement et le maintien au meilleur niveau des moyens d'essais sont motivés par :

- la contribution à la formation des étudiants et des jeunes chercheurs, et le renforcement de la filière de formation hydraulique ; l'activité de recherche sur les processus physiques. Cet aspect est particulièrement important pour faire progresser les connaissances sur les écoulements complexes (déferlement de vagues, évacuateurs de crues à géométrie complexe, etc.), les interactions écoulements-structures, et la dynamique sédimentaire ;
- la validation des outils de simulation numérique et la constitution de bases de données expérimentales. L'outil expérimental est particulièrement précieux pour bâtir des cas de validation et de qualification des modèles numériques ;
- la conduite d'études et d'essais d'optimisation de solutions sur modèles réduits : les essais sur maquette sont en particulier utiles lorsqu'il s'agit d'ouvrages innovants, ou pour tester et optimiser des systèmes, concepts ou solutions en interaction avec le milieu hydraulique.

Pour progresser dans ces différentes directions, la modernisation des installations d'essais et le développement des instruments de mesure sont conduits en vue d'obtenir des mesures fiables alimentant les recherches. Enfin, la proximité des plateformes expérimentales et des outils de simulation numérique permet de soutenir l'interaction entre le calcul et l'expérience. L'utilisation combinée de ces deux approches constitue en effet un objectif essentiel pour les prochaines années, afin de tirer le meilleur parti des deux moyens d'étude.

Les champs de travail de cet axe concernent (D. Pham Van Bang, M. Luck) :

- le développement de la métrologie pour les écoulements. Pour la mesure des vitesses d'écoulement, les sondes acoustiques et vélocimètres électromagnétiques utilisées actuellement au sein du laboratoire ne permettent que des mesures ponctuelles et intrusives. On souhaite compléter ces mesures par des mesures non-intrusives à résolution spatio-temporelle plus fine. L'acquisition d'un système de type PIV (*Particle Image Velocimetry*) ou similaire pour réaliser des mesures fines de champs de vitesses, dans un écoulement ou au voisinage d'un ouvrage, a été étudiée en 2008 ;
- la mesure de chargements (efforts, moments, pressions) et de mouvements pour les ouvrages et structures en interaction avec les écoulements (cf. § 3.1 et 3.2) ;
- la caractérisation expérimentale du comportement et des propriétés des sédiments. La question du développement d'un banc

d'essai permettant de réaliser des campagnes d'essais physiques en vue de l'amélioration des modèles et lois physiques présents dans les outils numériques de dynamique sédimentaire (étude des mécanismes d'érosion, de dépôt, de tassement, etc. cf. axe 4) a été instruite et proposée dans le cadre d'un projet ANR-PRECCOD, non-retenu en 2008, qui sera proposé de nouveau en 2009. Les travaux sur colonne de sédimentation portent sur l'acquisition des profils verticaux de densité. Pour les suspensions vase-sable, l'adaptation métrologique portera sur la mesure de la fraction vase / sable ;

- les techniques de mesure d'évolutions topo-bathymétriques. Le laboratoire utilise actuellement un palpeur de fond à base laser pour effectuer des relevés de fonds ou des profils de digues ou de berges sur modèle réduit. Cette sonde délivre des mesures précises, mais ponctuelles ; elle doit être déplacée en (X,Y) pour effectuer un relevé sur une zone donnée, ce qui nécessite un équipement important et une durée de mesure souvent longue. En 2008, le laboratoire a étudié la faisabilité d'un système permettant des relevés de topo-bathymétrie par imagerie vidéo. Ce système de mesure sera a priori mis en place en 2009, dans le cadre d'un projet de recherche sur le méandrement des rivières. Cette technique permettra d'avoir très rapidement une image d'ensemble de la topo-bathymétrie sur un modèle réduit à fonds mobiles, d'établir des différentiels propres au calcul des volumes d'érosion et d'accrétion, etc. De telles données rendront possible une description fine de la dynamique des phénomènes, notamment pour les modèles réduits à fonds mobiles de rivières ou de zones côtières.

Personnel

Pour les personnels permanents, les pourcentages entre parenthèses indiquent le taux d'implication dans le laboratoire.

Chercheurs et ing.-chercheurs (10)

BENOIT Michel	EDF R&D (90 %)
GOUTAL Nicole	EDF R&D (50 %)
HERVOUET Jean-Michel	EDF R&D (30 %)
ISSA Réza ¹	EDF R&D (50 %)
LAFON Florence	EDF R&D (30 %)
LUCK Marilyne	EDF R&D (40 %)
PHAM VAN BANG Damien	CETMEF (100 %)
SAINTE-MARIE Jacques	CETMEF (100 %)
VILLARET Catherine	EDF R&D (70 %)
VIOLEAU Damien	EDF R&D (50 %)

Sont titulaires de l'habilitation à diriger les recherches (HDR) :

BENOIT Michel
HERVOUET Jean-Michel
VILLARET Catherine

Enseignants-chercheurs (1)

NGUYEN Kim-Dan² Univ. Caen (100 %)

Ingénieurs de recherche (3)

BOULET Thierry	EDF R&D (30 %)
BUVAT Clément	EDF R&D (30 %)
LABORIE Vanessa	CETMEF (40 %)

Techniciens (3)

BOUCHER Olivier ³	CETMEF (100 %)
DELISLE Jean-Romain ⁴	EDF R&D (50 %)
MENON Jean-Michel	EDF R&D (50 %)

Personnel administratif (1)

CHIEZE Julie EDF R&D (20 %)

Post-doctorants (2)

HAZEL Florent⁵
LEE Eun-Sug

Doctorants (4)

GAGNAIRE-RENOU Élodie
GUERBER Étienne
JOLY Antoine
VAN Lan-Anh

Stagiaires (3)

BENIT Matthijs	TU Delft (Pays-Bas)
FERRAND Martin	École des Ponts ParisTech
JOLY Antoine	École des Ponts ParisTech et Imperial College London

Chercheurs et enseignants-chercheurs invités (2)

BIDDISCOMBE John [#]	CSCS (Suisse)
ROGERS Benedict [#]	Univ. Manchester (UK)

¹ A quitté le laboratoire au 31/12/2008

² Professeur des universités, en délégation au CETMEF depuis octobre 2008

³ Technicien en formation à l'ENTE, au laboratoire depuis septembre 2008

⁴ Technicien au laboratoire depuis avril 2008

⁵ Au laboratoire depuis mai 2008 (auparavant en post-doctorat au CERMICS de novembre 2007 à avril 2008)

[#] Ils sont restés respectivement un mois (mars 2008) et trois mois (de mars à mai 2008) et ont été accueillis tous deux dans le cadre d'ESPHI pour travailler sur la méthode SPH.

BILAN QUANTITATIF

Production de connaissances

PUBLICATIONS¹

Articles parus dans le *Web of Science*

**BRISTEAU Marie-Odile,
SAINTE-MARIE Jacques**

“Derivation of a non-hydrostatic shallow-water model. Comparison with Saint-Venant and Boussinesq systems”. *Discrete and Continuous Dynamical Systems - Series B*, 2008, vol. 10, n°4, pp. 733-759

**GOUTAL Nicole, LUCK Marilyne,
BOYER Patrick, MONTE Luigi,
SICLET Françoise, ANGELI Giacomo**

“Assessment, validation and intercomparison of operational models for predicting tritium migration from routine discharges of Nuclear Power Plants: the case of Loire River”. *Journal of Environmental Radioactivity*, 2008, vol. 99, n°2, pp. 367-382
doi: [10.1016/j.jenvrad.2007.10.016](https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2007.10.016)

LABORIE Vanessya, HEURTEFEUX Hugues
« Modélisation et observation de submersion de dunes en Languedoc-Roussillon ». *La Houille Blanche*, 2008, vol. 1/2008, pp. 33-39
doi: [10.1051/lhb:2008003](https://doi.org/10.1051/lhb:2008003)

**LEE Eun-Sug, MOULINEC Charles,
XU Rui, VIOLEAU Damien,
LAURENCE Dominique, STANSBY Peter**
“Comparisons of weakly compressible and truly incompressible SPH algorithms for 2D flows”. *Journal of Computational Physics*, 2008, vol. 227, pp. 8 417-8 436
doi: [10.1016/j.jcp.2008.06.005](https://doi.org/10.1016/j.jcp.2008.06.005)

**MONTE Luigi, BOYER Patrick,
BRITAIN John E., GOUTAL Nicole,
HELING Rudie, KRYSHEV Alexander,
KRYSHEV Ivan, LAPTEV Gennady,
LUCK Marilyne, PERIÁÑEZ Raul,
SICLET Françoise, ZHELEZNYAK Mark**
“Testing models for predicting the behaviour of radionuclides in aquatic systems”. *Applied Radiation and Isotopes*, 2008, vol. 66, n°11, pp. 1 736-1 740
doi: [10.1016/j.apradiso.2007.09.020](https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2007.09.020)

**MOULINEC Charles, ISSA Réza,
MARONGIU Jean-Christophe,
VIOLEAU Damien**
“Parallel 3-D SPH simulations”. *Computer Modeling in Engineering and Sciences*, 2008, vol. 25, n°3, pp. 133-148

**PHAM VAN BANG Damien,
LEFRANÇOIS Emmanuel,
SERGENT Philippe, BERTRAND François**
« Expérimentation par IRM et modélisation par éléments finis de la sédimentation ». *La Houille Blanche*, 2008, vol. 3/2008, pp. 39-44
doi: [10.1051/lhb:2008025](https://doi.org/10.1051/lhb:2008025)

SHI Yu-E, NGUYEN Kim-Dan
“Projection method-based modelling for dam- and dyke-break flows using an unstructured finite-volume technique: application to the Malpasset dam-break (France) and to the flood diversion in the Red River delta (Vietnam)”. *International Journal for Numerical Methods in Fluids*, 2008, vol. 56, n°8, pp. 1 505-1 512
doi: [10.1002/fld.1699](https://doi.org/10.1002/fld.1699)

**VIOLEAU Damien, LAFON Florence,
BOULET Thierry, BENOIT Michel,
GOASGUEN Gérard**
« Projet DISCOBOLE. Impact du changement climatique sur les aménagements côtiers ». *La Houille Blanche*, 2008, vol. 1/2008, pp. 50-60
doi: [10.1051/lhb:2008005](https://doi.org/10.1051/lhb:2008005)

Autres articles dans des revues de rang A

**BENOIT Michel, LAFON Florence,
GOASGUEN Gérard**
« Constitution et exploitation d’une base de données d’états de mer le long des côtes françaises par simulation numérique sur 23 ans. Base ANEMOC en Atlantique – Manche – Mer du Nord ». *European Journal of Environmental and Civil Engineering*, 2008, vol. 12, n°1-2, pp. 35-50
doi: [10.3166/ejece.12.35-50](https://doi.org/10.3166/ejece.12.35-50)

Chapitres d’ouvrages

BENOIT Michel, LABORIE Vanessya et al.
Physical site conditions and data collection (180 p.). In: *The Rock Manual. The use of rock in hydraulic engineering. Second edition*. CIRIA-CUR-CETMEF. CIRIA Publication C683, London (Royaume-Uni), 1 268 p.
ISBN 978-0-86017-683-1

**GOUTAL Nicole, PAQUIER André,
CHASSE Patrick**
Écoulements torrentiels. In : *De la goutte d’eau à la mer*. Édité par l’Organisation Mondiale de la Météorologie (OMM) sous la coordination de J.-M. Tanguy (à paraître)

**ISSA Réza, VIOLEAU Damien,
LEE Eun-Sug, FLAMENT Hélène**
Modelling Nonlinear Water Waves with RANS and LES SPH models. In: *Advances in Numerical Simulation of Nonlinear Water Waves*. Q. W. Ma Editor, World Scientific Publishing Co, 700 p. (à paraître)
ISBN 978-981-283-649-6

Rapports de recherche

BESNARD Amélie, GOUTAL Nicole
Guide de recommandations pour la modélisation d’une plaine d’inondation
Rapport EDF R&D LNHE H-P73-2008-02655-FR

**CHAUCHAT Julien, GUILLOU Sylvain,
NGUYEN Kim-Dan**
Utilisation des mesures rhéométriques pour la modélisation diphasique du transport sédimentaire
Rapport du Contrat N° Ho54 avec CETMEF, 69 p.

¹ Les articles en ligne référencés sur le système DOI (Digital Object Identifier) sont connectables au préalable sur <http://dx.doi.org>

LUCK Marilyne, MENON Jean-Michel, DELISLE Jean-Romain

Étude expérimentale sur les effets des courants sur l'agitation portuaire
Rapport EDF R&D LNHE H-P74-2008-01141-FR

LUCK Marilyne, BOUCHARD Jean-Pierre

Mémo sur le dimensionnement des modèles réduits en hydraulique à surface libre
Rapport EDF R&D LNHE H-P74-2008-01323-FR

PHAM VAN BANG Damien, SERGENT Philippe, HISSEL François, OUAHSINE Abdellatif

Impact du passage des bateaux sur le transport des sédiments et l'entretien des voies navigables : mesures et analyses
Rapport d'études expérimentales, collaboration VNF-CETMEF-UTC-INRS

PHAM VAN BANG Damien, FAURE Pamela, BERTRAND François, CHEVOIR François

Rhéophysique des vases : rhéologie et sédimentation
Rapport d'études expérimentales, collaboration LCPC-CETMEF

VILLARET Catherine, HERVOUET Jean-Michel

Modélisation 2D des évolutions morphodynamiques à moyen terme - description méthodologique de la mise en oeuvre du couplage Télémac-2d/Sisyph (V5p9). Rapport EDF R&D LNHE H-P73-2008-03298-FR

Communications avec actes**Besnard Amélie, Goutal Nicole**

Comparison between 1D and 2D models for hydraulic modeling on a flood plain : Case of Garonne river. In: *International Conference River Flow 2008*, 3-5th September 2008, Cesme-Izmir (Turkey)

GAGNAIRE-RENOU Élodie, BENOIT Michel, FORGET Philippe

Modeling waves in fetch-limited and slanting fetch conditions using a quasi-exact method for nonlinear four-wave interactions. In: *31st International Conference on Coastal Engineering (ICCE'2008)*, 1-5th September 2008, Hamburg (Germany)

GOUTAL Nicole, ARNAUD Aurélie, DUGACHARD Muriel, DE ROCQUIGNY Étienne, BERNARDARA Pietro

Discharge and Strickler coefficient uncertainty propagation in a one dimensional free surface hydraulic model
In: *European Geophysical Union (EGU) General Assembly 2008*, 13-18th April 2008, Vienna (Austria); *Geophysical Research Abstracts*, vol. 10, EGU2008-A-11844

GOUTAL Nicole, BERNARDARA Pietro, DE ROCQUIGNY Étienne, ARNAUD Aurélie

Uncertainties in 1D flood level modeling: stochastic analysis of upstream discharge and friction parameter influence. In: *European Conference on Flood Risk management (Flood Risk 2008)*, 30th September – 2nd October 2008, Oxford (UK)

HERVOUET Jean-Michel, RAZAFINDRAKOTO Émile

High performance computing for long term hydrodynamics and water quality modelling. In: *International Conference on Hydroinformatics 2008*, 12-16th January 2009, Concepcion (Chile)

ISSA Réza, DECUNG Fabien, RAZAFINDRAKOTO Émile, MOULINEC Charles, LATINO David, BOITEAU Olivier, VIOLEAU Damien

HPC for hydraulics and industrial environmental flow. In: *XXth International Conference on Parallel Computational Fluid Dynamics (Parallel CFD)*, 19-22 mai 2008, Lyon (France)

ISSA Réza, MOULINEC Charles, LATINO David, VIOLEAU Damien, BIDDISCOMBE John, THIBAUD Guillaume

HPC for Spartacus-3D SPH code and applications to industrial environmental flows. In: *3rd International Workshop SPHERIC-ERCOFTAC*, 3-6th June 2008, Lausanne (Switzerland)

ISSA Réza, ROUGE Didier, BENOIT Michel, VIOLEAU Damien, JOLY Antoine

Modelling algae transport in coastal areas with a shallow water equation model including wave effects. In: *2nd International Symposium on Shallow Flows (ISSF'2008)*, 10-12th December 2008, Hong-Kong

LEE Eun-Sug, ISSA Réza, VIOLEAU Damien, LATINO David, THIBAUT Guillaume, PLOIX Stéphane, BIDDISCOMBE John

HPC for SPH code and applications to industrial environmental flows. In: *4th International Conference on Computational and Experimental Engineering and Sciences, Meshless Methods (ICCES-MM)*, 13-17th October 2008, Suzhou (China)

MOULINEC Charles, ISSA Réza, LATINO David, VEZOLLE Pascal, EMERSON Dave R., GU Xiao-Jun

High-Performance Computing and Smoothed Particle Hydrodynamics. In: *XXth International Conference on Parallel Computational Fluid Dynamics (Parallel CFD)*, 19-22 mai 2008, Lyon (France)

MOULINEC Charles, ISSA Réza, EMERSON Dave R., GU Xiao-Jun

High-Performance Computing SPH: towards a hundred million particle simulation. In: *3rd International Workshop SPHERIC-ERCOFTAC*, 3-6th June 2008, Lausanne (Switzerland)

NGUYEN Kim-Dan

Projection method-based model for shallow-water flows over irregular beds. In: *8th International Conference on Hydro-Science and Engineering (ICHE 2008)*, 8-12th September 2008, Nagoya (Japan)

PHAM VAN BANG Damien, OUAHSINE Abdellatif, SERGENT Philippe, LONG Bernard, MONTREUIL Stéphane, DEBAILLON Pierre, HISSEL François

Érosion des sédiments et vagues générées par le passage des bateaux : mesures et analyses. In: *X^{es} Journées nationales génie côtier génie civil*, 14-16 octobre 2008, Sophia-Antipolis (France), pp. 605-614

PHAM VAN BANG Damien, BERTRAND François

Sedimentation and consolidation of Le Havre's mud: space-time analysis from experimentation and numerical investigation. In: *International Symposium on Sediment Management (IzSM)*, Lille (France), pp. 87-94

**SAINTE-MARIE Jacques,
BRISTEAU Marie-Odile,
AUDUSSE Emmanuel**

A new multilayer saint-Venant system: derivation and numerical validation. In: *12th International Conference on Hyperbolic Problems (HYP2008)*, 9-13th June 2008, College Park (USA)

**TOFFOLI Alessandro, BENOIT Michel,
ONORATO Miguel,
BITNER-GREGersen Elzbieta**

Assessing the effect of finite water depth on the occurrence of extreme waves using a direct numerical simulation method. In: *31st International Conference on Coastal Engineering. (ICCE'2008)*, 1-5th September 2008, Hamburg (Germany)

VILLARET Catherine, WAELES Benoît

Numerical modeling of the morphodynamic evolution of the Gironde estuary. In: *International Conference on Physics of Estuaries and Coastal Seas (PECS)*, September 2008, Liverpool (UK)

**VIOLEAU Damien, ISSA Réza,
BENHAMADOUCHE Sofiane,
SALEH Khaled, CHORDA Jacques,
MAUBOURGUET Marie-Madeleine**

Modelling a fish passage with SPH and Eulerian codes: the influence of turbulent closure. In: *3rd International Workshop SPHERIC-ERCOFTAC*, 3-6th June 2008, Lausanne (Switzerland)

**Contrats de recherche
académique obtenus et
terminés**

Obtenus

**BUVAT Clément
ANR BAR-3D**

Projet « Logiciel de calcul 3D de barrages flottants » du programme ANR-PRECODD sur la compréhension du fonctionnement des barrages flottants anti-hydrocarbures et l'amélioration de leur efficacité en mer. Partenaires : EIGSI (École d'Ingénieurs en Génie des Systèmes Industriels, de La Rochelle, Frédéric Muttin, coordinateur), CETMEF, CEDRE, EDF R&D, TOTAL

<http://bar3d.eigsi.fr/>

En cours

**SAINTE-MARIE Jacques
ANR METHODE**

Projet « Modélisation de l'Écoulement sur une Topographie avec des Hétérogénéités Orientées et des Différences d'Échelles » du programme ANR « blanc », visant à étudier les effets des hétérogénéités de surface sur les écoulements, en particulier l'impact des sillons agricoles sur le ruissellement des eaux de pluie. Partenaires : université d'Orléans (Stéphane Cordier, coordinateur), CERMICS (École des Ponts ParisTech), ENS Ulm, INRIA, CEMAGREF, INRA

<http://www.univ-orleans.fr/mapmo/methode/>

**VIOLEAU Damien, BOULET Thierry,
LAFON Florence**

RGCU DISCOBOLE
Projet « Données pour le dimensionnement des Structures Côtières et des Ouvrages de BOrd de mer à Longue Échéance » du programme RGCU (Réseau Génie Civil et Urbain)
Partenaires : EDF R&D (Damien Violeau, coordinateur), CETMEF, Laboratoire de Géographie Physique (LGP) de Meudon, laboratoire Geomer de l'université de Brest

<http://discobole.cetmef.equipement.gouv.fr/discobole/>

**ANIMATION DE RÉSEAUX
SCIENTIFIQUES**

BENOIT Michel

Co-animateur avec Bernard Molin (École Centrale Marseille) du Groupe de compétences « Océano-météorologie et hydrodynamique » du CLAROM

<http://www.clarom.com/>

VIOLEAU Damien

- Co-fondateur et *chairman* du groupe SPHERIC (SPH European Research Interest Community) mis en place à son initiative dans le cadre de l'association ERCOFTAC en 2005. Ce groupe rassemble actuellement soixante-trois organismes issus de seize pays (universités, organismes de recherche, industriels, etc.), travaillant dans le domaine de la modélisation lagrangienne par l'approche SPH (*Smoothed Particle Hydrodynamics*)

<http://wiki.manchester.ac.uk/spheric>

- Co-animateur de la section « Hydraulique maritime » de la SHF (Société Hydrotechnique de France) depuis 2005, membre du Comité Européen International depuis 2008, et membre permanent du Comité de lecture de la revue *La Houille Blanche*, depuis 2006

<http://www.shf.asso.fr/>

- Membre du *Scientific Programme Committee* de ERCOFTAC (*European Research Community on Flow, Turbulence And Combustion*)

<http://www.ercoftac.org/>

**CONGRÈS, COLLOQUES
ET CONFÉRENCES**

Participations orales

**ARNAUD Aurélie, GOUTAL Nicole,
DE ROCQUIGNY Étienne**

Modelling of uncertainty in hydrographs due the embankment failure and impact on flooded areas. In: *Symposium International « Incertitudes en modélisation hydrologique et hydraulique »*, 15-17 octobre 2008, Montréal (Canada)

**BERNARDARA Pietro, GOUTAL Nicole,
DE ROCQUIGNY Étienne, ARNAUD
Aurélie, PASSONI Giuseppe**

Uncertainty analysis in flood risk assessment: Hydrological & Hydraulic parameterisation. In : *Symposium International « Incertitudes en modélisation hydrologique et hydraulique »*, 15-17 octobre 2008, Montréal (Canada)

CHAZEL Florent

Un modèle double-couche de type Boussinesq pour des vagues fortement non-linéaires et dispersives. In : *Séminaire de l'équipe « Analyse numérique et équations aux dérivées partielles »*, université Paris-Sud, 17 avril 2008, Orsay (France)

CHAZEL Florent

Un modèle double-couche de type Boussinesq pour des vagues fortement non-linéaires et dispersives. In : *Groupe de travail MAMNO (« Modélisation et Analyse Mathématique et Numérique en Océanographie »)* de l'Institut de mathématiques de Bordeaux, 19 mai 2008, Bordeaux (France)

HAZEL Florent

Un modèle double-couche de type Boussinesq pour des vagues fortement non-linéaires et dispersives. In : *Groupe de travail « Mécanique des fluides réels » du CMLA de l'École normale supérieure de Cachan*, 17 novembre 2008, Cachan (France)

HAZEL Florent

A double-layer Boussinesq-type model for fully nonlinear and highly dispersive water waves. In: *Workshop "Large Amplitude Internal Waves"*, International Center for Mathematical Sciences (ICMS), 1-4th December 2008, Edimbourg (UK)

HAZEL Florent

Un modèle double-couche de type Boussinesq pour des vagues fortement non-linéaires et dispersives. In : *Séminaire du groupe de compétences « Océano-météorologie et hydrodynamique »* du CLAROM, 4 décembre 2008, IFP, Rueil-Malmaison (France)

HAZEL Florent

Un modèle double-couche de type Boussinesq pour des vagues fortement non-linéaires et dispersives. In : *Groupe de travail « Mécanique des Fluides »* de l'Institut de mathématiques de Toulouse, INSA Toulouse, 8 décembre 2008, Toulouse (France)

GAGNAIRE-RENOU Élodie,**BENOIT Michel, FORGET Philippe**

Analysis of the structure of ocean wave directional spectrum from quasi-exact computations of nonlinear wave-wave interactions. In: *WISE meeting (Waves In Shallow-water Environments)*, 2-5th June 2008, Helsinki (Finland)

GOUTAL Nicole, DEMAY Éric

Utilisation de modèles hydrauliques métier dans les logiciels scientifiques : applications aux incertitudes. In : *Journées LMCS 2008 (Logiciels dédiés à la Modélisation et au Calcul Scientifique) Modélisation et simulation oD/d*, 17 avril 2008, Chatou (France)

LUCK Marilyne, BENOIT Michel, MENON Jean-Michel

Quelques aspects des interactions vagues-courant, avec application à l'agitation portuaire. Étude expérimentale en bassin. In : *Journées Scientifiques et Techniques du CETMEF 2008*, 8-10 décembre 2008, Paris (France)

PHAM VAN BANG Damien

Activités et thèmes de recherche du laboratoire Saint-Venant. In : *Séminaire de lancement du groupe de recherche MEGE*, 9-11 juin 2008, La Rochelle (France)

PHAM VAN BANG Damien

Impact du passage des bateaux sur la remise en suspension des sédiments et l'érosion des berges. In : *Séminaire Voies Navigables de France (VNF)*, 5 avril 2008, Béthune (France)

PHAM VAN BANG Damien

Impact du passage des bateaux sur la remise en suspension des sédiments et l'érosion des berges. In : *Séminaire à l'Université de Technologie de Compiègne (UTC)*, 9 octobre 2008, Compiègne (France)

VIOLEAU Damien, ISSA Réza,**BUVAT Clément, GARIAH Asven**

Smoothed Particle Hydrodynamics for turbulence and applications to environmental flows. In: *Workshop "Seehäfen für Containerschiffe zukünftiger Generationen"*, 28-29th February 2008, Hamburg (Germany)

Organisation

BENOIT Michel

Journée d'inauguration et présentation du laboratoire d'hydraulique Saint-Venant, 18 juin 2008, Chatou (France) (95 participants)

BENOIT Michel

Séminaire annuel « Océano-météo et hydrodynamique » du CLAROM, 4 décembre 2008, à l'Institut Français du Pétrole, Rueil-Malmaison (France) (85 participants)

GOUTAL Nicole

Réunion annuelle du Club des utilisateurs du système logiciel MASCARET pour les écoulements unidimensionnels en rivière, 20 mars 2008, Chatou (France) (35 participants)

GOUTAL Nicole

Membre du comité d'organisation et du comité scientifique du symposium international « Incertitudes en modélisation hydrologique et hydraulique », 15-17 octobre 2008, Montréal (Canada)

HERVOUET Jean-Michel

Réunion annuelle du Club des utilisateurs du système hydro-informatique Télémac pour les écoulements 2D et 3D, les vagues, le transport sédimentaire, la qualité des eaux, etc., 9-10 octobre 2008, Chatou (France) (65 participants)

VIOLEAU Damien

Colloque « Nouvelles approches sur les risques côtiers : aléas, vulnérabilité, changement climatique, variations du trait de côte » de la SHF (Société Hydrotechnique de France), 30 et 31 janvier 2008, Paris (France)

Activités de formation

ACTIVITÉS D'ENCADREMENT

Thèses en cours

GAGNAIRE-RENOU Élodie

Amélioration de la modélisation numérique des états de mer aux échelles océanique et côtière par la prise en compte de modèles avancés pour les processus de génération, dissipation et transferts d'énergie des vagues

Université du Sud Toulon Var, école doctorale « Sciences Fondamentales et Appliquées »

Thèse commencée le 01/10/2006

Directeur de thèse : Philippe Forget (LSEET-LEPI, UMR 6017 CNRS Univ. du Sud Toulon Var)

Co-directeur : Michel Benoit

GUERBER Étienne

Modélisation hydro-mécanique d'un système houlomoteur immergé exposé à l'action des vagues pour des états de mer réels

Université Paris-Est, école doctorale MODES

Thèse commencée le 01/12/2008

Directeur de thèse : Michel Benoit

Co-encadrant : Clément Buvat

JOLY Antoine

Modélisation du transport diffusif des algues en milieu côtier par une approche stochastique

Université Paris-Est, école doctorale MODES

Thèse commencée le 01/11/2008

Directeur de thèse : Michel Benoit

Co-encadrant : Damien Violeau

VAN Lan-Anh

Modélisation du tassement de sédiments mixtes sablo-vaseux

Thèse avec allocation de recherche assurée à 50 % par EDF R&D et 50 % par le CETMEF, commencée le 01/10/2008.

Université Paris-Est, école doctorale MODES

Directeur de thèse : Catherine Villaret

Co-encadrant : Damien Pham Van Bang

ACTIVITÉS D'ENSEIGNEMENT

Cours

École des Ponts ParisTech

Mécanique des fluides incompressibles 2^e année

BENOIT Michel, maître de conférence et responsable du module

VIOLEAU Damien, maître de conférence
LAFON Florence, enseignante

Travaux maritimes 2^e année

BENOIT Michel, maître de conférence et responsable du module

LUCK Marilyne, enseignante

Projet de port 3^e année

BENOIT Michel, maître de conférence

École Centrale Paris (ECP)

Projet ouvrages portuaires 3^e année

BENOIT Michel, responsable du module
LUCK Marilyne, enseignants vacataires

École Nationale Supérieure des Techniques Avancées (ENSTA)

Hydraulique maritime 3^e année

LUCK Marilyne, VILLARET Catherine, chargées de cours

Mathématiques appliquées 2^e année

SAINTE-MARIE Jacques, chargé de cours

École Spéciale des Travaux Publics (ESTP)

Hydraulique à surface libre 2^e année

GOUTAL Nicole, chargée de cours

École des Ingénieurs de la Ville de Paris (EIVP)

Mécanique des fluides 4^e année

VIOLEAU Damien, responsable du module et chargé de cours

Institut polytechnique LaSalle Beauvais (IGAL-ISAB)

Géométrie appliquée à la topométrie 1^{re} année

PHAM VAN BANG Damien, chargé de cours

Transport sédimentaire 5^e année

PHAM VAN BANG Damien, chargé de cours

École d'ingénieurs MATMECA - Bordeaux

Dynamique des géofluides 3^e année

BENOIT Michel, vacataire (un cours de 4 h)

Partenariats industriels

RAPPORTS DE CONTRATS

CHAUCHAT Julien, GUILLOU Sylvain, NGUYEN Kim-Dan

Utilisation des mesures rhéométriques pour la modélisation diphasique du transport sédimentaire
Rapport du contrat n° Ho54 avec CETMEF, 69 p.

PHAM VAN BANG Damien, SERGENT Philippe, HISSEL François, OUAHSINE Abdellatif

Impact du passage des bateaux sur le transport des sédiments et l'entretien des voies navigables : mesures et analyses.
Rapport d'études expérimentales, collaboration VNF-CETMEF-UTC-INRS

PARTENAIRES CIFRE

GAGNAIRE-RENOU Élodie

Amélioration de la modélisation numérique des états de mer aux échelles océanique et côtière par la prise en compte de modèles avancés pour les processus de génération, dissipation et transferts d'énergie des vagues

Thèse CIFRE (réf. 322/2006, commencée le 01/10/2006)

Partenaire industriel : EDF

GUERBER Étienne

Modélisation hydro-mécanique d'un système houlomoteur immergé exposé à l'action des vagues pour des états de mer réels

Thèse CIFRE (réf. 1029/2008, commencée le 01/12/2008)

Partenaire industriel : EDF

JOLY Antoine

Modélisation du transport diffusif des algues en milieu côtier par une approche stochastique

Thèse CIFRE (réf. 529/2008, commencée le 01/11/2008)

Partenaire industriel : EDF

VALORISATION

Logiciels déposés

GOUTAL Nicole, LUCK Marilyne

Système logiciel MASCARET pour les écoulements unidimensionnels en rivière suivant les équations de Saint-Venant, en régime fluvial ou torrentiel. Ce système est propriété commune du CETMEF et d'EDF R&D qui le co-développent depuis une vingtaine d'années.

Le module Casier couplé avec les noyaux fluviaux permet de prendre en compte les zones inondables relativement isolées du lit majeur par un ensemble de casiers interconnectés.

Une option « calage automatique » est disponible sur un bief en régime permanent et fluvial.

Le système comporte également des modules de qualité des eaux et de transport sédimentaire.

<http://rd.edf.com/edf-fr-accueil/edf-recherche—developpement/logiciels-et-codes/code-mascaret-107043.html>

HERVOUET Jean-Michel, BENOIT Michel, LUCK Marilyne, VILLARET Catherine

Système hydro-informatique de modélisation Télémac, regroupant de nombreux modules pour la simulation des écoulements bi- et tri-dimensionnels en rivière, en mer ou en zone côtière, des états de mer et des vagues, de la dynamique sédimentaire, ainsi que (hors du périmètre du laboratoire) des écoulements souterrains.

<http://www.telemacsystem.com/>

Soutien aux politiques publiques

CONTRATS EN COURS

BOULET Thierry, BENOIT Michel

Contribution à la mise en place opérationnelle d'un modèle numérique de prévision des niveaux d'eau dans l'estuaire de la Gironde basé sur le code bi-dimensionnel utilisant le code Télémac-2D (projet Gironde)

Partenariat entre Météo-France, le SCHAPI, le SPC Littoral Atlantique, le CETMEF et EDF R&D

PHAM VAN BANG Damien

Contrat de recherche DRI sur le méandrement des rivières à lit cohésif
Subvention 60 k€ HT

NGUYEN Kim-Dan

Contrat de recherche DRI sur la modélisation diphasique du transport sédimentaire dans un estuaire, avec une étude de faisabilité sur l'estuaire de la Gironde
Subvention 50 k€ HT

VIOLEAU Damien, BOULET Thierry, LAFON Florence

RGCU DISCOBOLE

Projet « Données pour le dimensionnement des Structures Côtières et des Ouvrages de BOrd de mer à Longue Échéance » du programme RGCU (Réseau Génie Civil et Urbain)

<http://discobole.cetmef.equipement.gouv.fr/discobole/>

Débat et expertise publique

PARTICIPATION À L'EXPERTISE PUBLIQUE

BENOIT Michel

- Expert auprès de l'ANR pour un projet de recherche soumis à l'appel à projets RiskNat sur les risques naturels
 - Expert auprès de l'AERES pour l'évaluation d'un des départements de l'IFREMER à Brest, 20-21 octobre 2008
-

HERVOUET Jean-Michel

Expert auprès de la Communauté européenne pour l'évaluation des projets européens du 7^e PCRD (programme Cadre de Recherche et de Développement) sur le thème des crues éclair